

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

02

PUBLICATION NUMBER : 02230601  
PUBLICATION DATE : 13-09-90

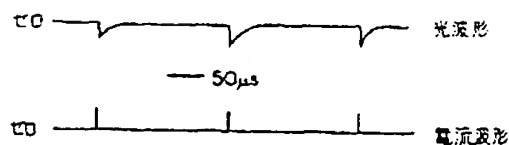
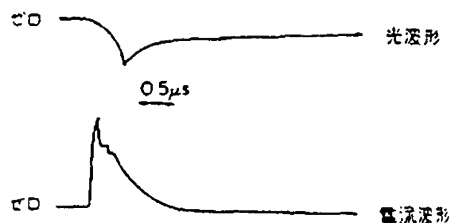
APPLICATION DATE : 03-03-89  
APPLICATION NUMBER : 01049931

APPLICANT : TOSHIBA CORP;

INVENTOR : MORIMIYA OSAMU;

INT.CL. : F21K 7/00

TITLE : HIGH EFFICIENCY VACUUM  
ULTRAVIOLET LIGHT SOURCE  
DEVICE



ABSTRACT : PURPOSE: To obtain the vacuum ultraviolet light having the high discharge efficiency by performing a pulse discharge with a mesial magnitude width of a current pulse less than 1 micro second and with an interval of a current pulse more than 30 micro seconds.

CONSTITUTION: A pulse discharge is performed between opposite electrodes of a discharge tube to generate the vacuum ultraviolet light from the discharge plasma. Since a mesial magnitude width of a discharge current pulse is a short time less than 1 micro second, the glow discharge is finished and stopped without a conversion to the arc discharge with large power consumption. Since a pulse interval is a long time more than 30 micro seconds, the plasma impedance becomes large enough till a start of a discharge. With these reason, the pulse current rises quickly, and further, a current peak value is large to obtain the high vacuum ultraviolet light with the high discharge efficiency. The sealing gas of the discharge tube is specified and that gas is flowed to eliminate the generation of the impure gas and the lower of the luminescent intensity.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

⑬ 日本国特許庁(JP)

⑭ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-230601

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)9月13日

F 21 K 7/00

6908-3K

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全7頁)

④ 発明の名称 高効率真空紫外光源装置

② 特 願 平1-49931

② 出 願 平1(1989)3月3日

⑦ 発 明 者 鈴 木 節 雄 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究  
所内

⑦ 発 明 者 野 田 悦 夫 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究  
所内

⑦ 発 明 者 森 宮 脩 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究  
所内

⑦ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

④ 代 理 人 弁 理 士 三 好 秀 和 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

高効率真空紫外光源装置

2. 特許請求の範囲

(1) 放電管に対向配置した電極間にパルス放電を行ない放電プラズマから真空紫外光を発生させる真空紫外光源装置において、電流パルスの半値幅が1マイクロ秒以下で、かつ、該電流パルスの間隔が30マイクロ秒以上でパルス放電を動作させたことを特徴とする高効率真空紫外光源装置。

(2) 前記放電管にキセノン等の希ガス、酸素、窒素、水素、重水素、または前記二種類以上のガスを含んだ混合ガスを封入したことを特徴とする請求項(1)記載の高効率真空紫外光源装置。

(3) 前記放電管にガスを流すことを特徴とする請求項(1)または(2)記載の高効率真空紫外光源装置。

3. 発明の詳細な説明

[発明の目的]

(産業上の利用分野)

本発明は、放電からの放射光を利用した高効率真空紫外光源装置に関する。

(従来の技術)

取扱い上、真空雰囲気が必要とするいわゆる真空紫外光を得るための、例えば、波長180nm以下の真空紫外光源装置としては、従来から用いられているものにパイ型放電管と呼ばれるものがある。第9図に代表的な構造例を示す。以下に、この構造と動作について説明する。

π(パイ)字形の放電管1には電極13、14が設けられている。また、一般的に封入ガスは、希ガス、水素あるいは重水素である。放電管1の他端から十分に排気された後、ガスGが封入される。放電管1の外側は水Wの流れる冷却管25で冷却されている。直流通電線11から蓄積コンデンサ9を充電しスイッチ10により電極13、14にパルス電圧を印加しパルス放電を起こし、放電から発生した紫外線(真空紫外光)を放射窓4から取り出す。

(発明が解決しようとする課題)

このような従来装置において、高出力の紫外線を得ようとする電流の立ち上がりが早くしかもピーク電流の大きな高密度放電で放電動作されることが要求されるが、第9図に示す従来の構成であると電流の立ち上がりが余り早くなく真空紫外光の放射効率が低下する欠点があった。また、一般的にガスを封入しておくので不純ガスの発生により真空紫外光の光強度が低下し、その結果放射効率が低下する欠点も有していた。

即ち、従来の真空紫外光源装置において、放射効率の高い真空紫外光線を実現するためには、前述のように立ち上がり時間が早くしかもピーク電流の大きな放電が要求される。真空紫外光、たとえばキセノンガスの共振線である $147\text{nm}$ の波長の光を放電プラズマから取り出す場合を考える。共振線の励起エネルギーは $8.4\text{eV}$ であるので、その場合、電子の平均エネルギーを大きくすることにより共振線の励起速度をあげ励起原子密度を大きくとる必要がある。そのためには、立ち上がりが早くしかも電流ピークの大きなパルス放電が有

効となる。しかし、大きな電流を流し続けるとグロー放電モードからアーク放電モードとなり電子の平均エネルギーが低くなり励起速度が低下する。従って、アーク放電が発生する前に放電を停止しないと、放電電力は、真空紫外発生にとって無駄な電力となりその結果、放射効率の低下となる。ガスの種類およびガス圧力により異なるが、グロー放電からアーク放電への移行時間はおよそ $0.1\mu\text{s} \sim 1\mu\text{s}$ （マイクロ秒）程度である。したがって、パルス放電電流幅が長くても $1\mu\text{s}$ 以内にすることが必要である。ただし、電流の立ち上がり時において、電子の平均エネルギーが高いため電離速度が大きい。したがって出来るだけ電流の立ち上がり時間は、短い方が良い。実験的な検討によればパルス放電の電流半値幅が $1$ マイクロ秒程度以下が良いことが分かった。また、繰り返し放電において次の放電が始まるまでに十分にプラスマイニング電圧が大きくなっていなければパルス電流の立ち上がりが早くならない。したがって、パルス間隔をある値より大きくしなければならない。

実験的な検討によれば、 $30$ マイクロ秒より大きくすることが良いことが分かった。また、この様な電流の立ち上がり時間の早いパルス放電を実現するためには、容量移行型のパルス回路を用いれば、比較的簡単に電流の立ち上がりが早くしかも高密度の放電を行うことができることが分かった。従来のものは、構成上不十分であり、従って真空紫外光の放射効率が低いものであった。本発明は、このような従来のものの欠点を解決するために行われたもので、従来の真空紫外光源装置より放射効率の高い真空紫外光源装置を提供することを目的とする。

#### 〔発明の構成〕

##### （課題を解決するための手段）

本発明は、前記目的を達成するため、放電管に対向配置した電極間にパルス放電を行ない放電プラズマから真空紫外光を発生させる真空紫外光源装置において、電流パルスの半値幅が $1$ マイクロ秒以下で、かつ、該電流パルスの間隔が $30$ マイクロ秒以上でパルス放電を動作させたこと、ま

た、前記放電管にキセノン等の希ガス、酸素、窒素、水素、重水素、または前記二種類以上のガスを含んだ混合ガスを封入したこと、また、前記放電管にガスを流すことを特徴とする高効率真空紫外光源装置を提供するものである。

##### （作用）

放電パルスパルスの半値幅が $1$ マイクロ秒以下の短い時間であるため、グロー放電が、電力消費大なるアーク放電に移行せず終了停止する。又、パルス間隔は、 $30$ マイクロ秒以上の長い時間であるため、次の放電が始まるまでにプラスマイニング電圧が十分大きくなっている。これらの理由で、パルス電流の立ち上がりが早く、しかも電流のピーク値が大となり、放電効率の高い真空紫外光を得ることができる。

又、放電管の封入ガスを特定のガスに設定し、更にはそのガスを流すようにしてあるので、不純ガスが発生せず、従って光強度の低下を招くことがない。

以下、本発明の実施例について説明する。

## (実施例)

第1図に、本発明の一実施例を示す。1は放電管、2および3はガスを通す中空のホロー電極、4は放射窓である。5は電極端子とガス導入管を兼ねているものである。6は電極端子とガス導出管を兼ねているものである。ガスGは導入管5および左側のホロー電極3を経て放電管1に導かれ、右側のホロー電極2、及び導出管6を通して排出される。又、7は冷却板、8はピーキングコンデンサ、9は蓄積(充電)用コンデンサ、10はスイッチ素子、11は直放電源である。ピーキングコンデンサ8は電極2、3に並列に接続されている。ピーキングコンデンサ8は蓄積コンデンサ9より容量を小さくしてある。ガスは定常的に流される。本実施例では、ガスの種類としてキセノンガスを使用した。

放電起動の動作を以下に示す。直放電源11により蓄積コンデンサ9を共振充電し、スイッチ素子10により蓄積コンデンサ9より容量の小さいピーキングコンデンサ8に電荷を移動しこれを充

状態で、つぎのパルス電圧が印加されると電子の平均エネルギーを十分大きくできる。したがって、実験結果から電流パルス間隔を30マイクロ秒以上にすれば放射効率が大きくなることが推定される。第2図(b)に示す如く電流波形は鋭状であるのに対して光波形は三角波状であり、このため、図では平均の光強度が強く放射効率が高いことを示している。また、第3図はキセノンガスの共鳴線147nmのスペクトルを示す。第3図(a)はガスを流した時、第3図(b)はガスを流さない時のスペクトルである。ガスを流さない時のスペクトルは、147nmのスペクトル以外に不純物のスペクトルが発生するため、ガスを流す時の光強度より半減し、放射効率が低下するものであることが理解できる。第4図に電流パルス半値幅とキセノンガス共鳴線147nmの放射効率の関係を示す。電流パルス半値幅が小さくなるにしたがって、放射効率は大きくなることが分かる。以上のような数値による放電動作は、コンデンサ8及び9の容量、電源電圧その他回路設計を適切にすること

電することにより、ホロー電極2と3に電圧が印加され、電流の立ち上がり時間の早いパルス放電が起動される。その実験結果を第2図～第4図に示す。第2図にパルス放電電流とキセノンガスの共鳴線147nmの光波形及び電流波形を示す。第2図(a)は0.5マイクロ秒で走査した場合、(b)は50マイクロ秒で走査した場合の波形である。電流波形は約0.1マイクロ秒の立ち上がりである。また電流は1マイクロ秒持続しているのに対して光はおよそ30マイクロ秒アフタグローとして持続していることが分かる。電流の立ち上がり部分では電子の平均エネルギーは大きいので直接励起が盛んに行われる。従って、光強度も電流の時間変化に対応してピークが現れる。放電開始後0.1マイクロ秒で電流が減少し、それ以後電子の平均エネルギーが低下する。さらに1マイクロ秒以後次のパルス電圧がかかるまで放電が停止しているが、アフタグローが前述したように30マイクロ秒程度持続している。アフタグローが消えプラズマインビダンスが大きくなった

により達成される。

本発明の他の実施例として、次に示すパルス回路も有効である。即ち、それは第5図に示す磁気補助回路利用のものである。電極2と電極3との間に、ピーキングコンデンサ8が並列に接続されており、さらに可飽和インダクタンス14と充電用コンデンサ9とスイッチング素子10が直列に接続されている。この実施例では、充電用コンデンサ9に充電を行った後、スイッチング素子10により充電用コンデンサ9から可飽和インダクタンス14を通してコンデンサ8に電荷を移動し、充電する。その場合、可飽和インダクタンス14の飽和磁化作用により回路電流を制限しスイッチ素子10でのエネルギー消費を少なくし、かつ電流パルス幅を短くできるので、真空紫外光の放射効率を上げ、さらには長寿命化が可能となる。

また、第6図に示す磁気圧縮回路利用のものも有効である。これは、電極2と電極3との間に、コンデンサ8が並列に接続されており、さらに可飽和インダクタンス14とコンデンサ15が直列

に接続されており、さらに該コンデンサ15と並列にインダクタンス16、充電用コンデンサ9およびスイッチ素子10の直列回路が接続されているものである。これにより、前記コンデンサ9に充電を行った後、スイッチング素子10によりコンデンサ9からまずコンデンサ15に、次に、可飽和インダクタンス14を通してコンデンサ8に電荷を移動し、充電することにより、放電電流パルスを電磁誘導作用に基づき圧縮して、パルス放電を行なうことによりスイッチ素子10でのエネルギー消費を少なくし、かつ電流パルス幅を短くし放射効率を上げ、さらには長寿命化が可能である。

また、第7図に示す反転分布回路利用のものも有効である。これは、放電管1中に対向配置された電極3と電極2との間に、コンデンサ8が並列に接続されており、このコンデンサ8にさらにインダクタンス17と二個の充電用コンデンサ18と15との直列回路が並列に接続され、またスイッチング素子10が充電用コンデンサ18、15の一方のコンデンサ15と並列に接続されている

ものであり、充電用コンデンサ18、15に充電を行った後、スイッチング素子10によりスイッチング素子10と並列に接続されたコンデンサ15を短絡し、電圧を反転することにより、二倍の印加電圧を得てスイッチ素子10でのエネルギー消費を少なくし、かつ電流パルス幅を短くし放射効率を上げ、さらには長寿命化が可能なものである。

さらに第8図に示すように、可飽和インダクタンス14、コンデンサ8、15を含む回路にバラストランス19と充電用コンデンサ20と調体系子21とを用いて低圧側で調体系子21でスイッチングすることにより高効率可能とすることもできる。

また、キセノン以外の希ガス、窒素、水素、重水素または前記二種類以上のガスを含んだ混合ガスを使用しても本発明と同様の効果が期待できる。なお、前述の各実施例では放電管1にガスを流しているが、多少効率は落ちるがガス封入式にしても本発明は適用できる。本発明はこのように高効率であるので装置を小型化できる。

以上、本発明の効果を逸脱しない範囲で、本発明はいろいろな真空紫外光源装置に対して適用可能である。

#### 〔発明の効果〕

本発明は、放電管の対向配置した電極間に電流パルスの半値幅が1マイクロ秒以下で、かつ、電流パルス間隔が30マイクロ秒以上でパルス放電動作させ、また放電管内ガスを特定化し、さらにガスを流すようにしたため、従来の真空紫外光源より放射効率の大きい高効率真空紫外光源装置を実現することが出来る。また、放射効率の向上により光源の小型化にもつながる。

#### 4. 図面の簡単な説明

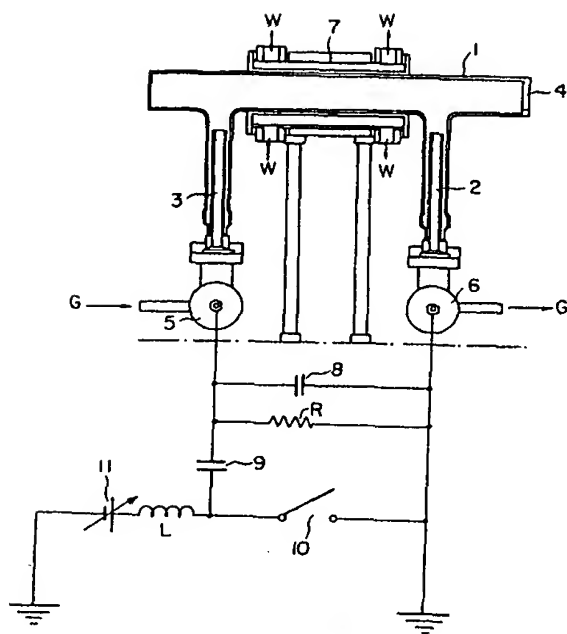
第1図は本発明の一実施例による真空紫外光源装置の要部構成を示す図、第2図は147nmの光波形および放電電流波形の時間変化を示す図、第3図は147nmの光スペクトルを示す図、第4図は電流パルス半値幅と147nmの放射効率の関係を示す図、第5図、第6図、第7図及び第8図は本発明の他の実施例を示す図、第9図は従来の

ものの図である。

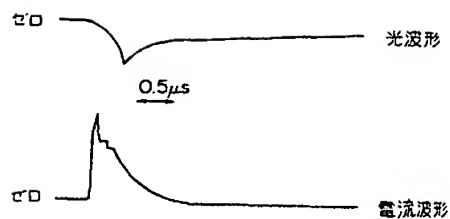
- |                     |            |
|---------------------|------------|
| 1…放電管               | 2, 3…ホロー電極 |
| 4…放射窓               |            |
| 5, 6…電極端子兼ガス導入出管    |            |
| 7…冷却板               |            |
| 8…ピーキングコンデンサ        |            |
| 9…蓄積コンデンサ           | 10…スイッチ素子  |
| 11…直流電源             | 12, 13…電極  |
| 14…可飽和インダクタンス       |            |
| 15, 18, 20…充電用コンデンサ |            |
| 16, 17…インダクタンス      |            |
| 19…バラストランス          | 21…調体系子    |

代理人 井上 三好 秀和

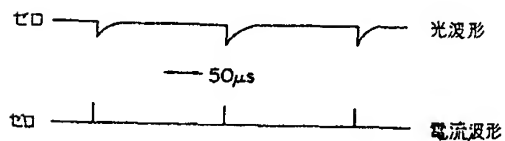
- 1 : 放電管
- 2, 3 : ホロー電極
- 4 : 放射窓
- 5 : 電極兼ガス導入管
- 6 : 電極兼ガス導出管
- 8 : ビーキングコンデンサ
- 9 : 蓄積コンデンサ
- 10 : スイッチング素子
- 11 : 直流電源



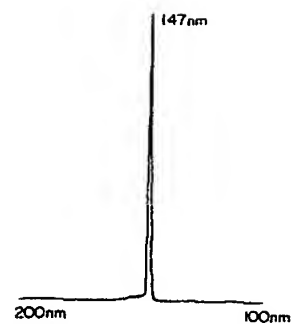
第 1 図



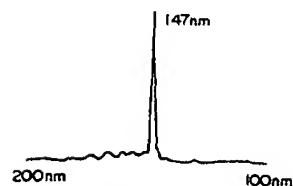
第 2 図 (a)



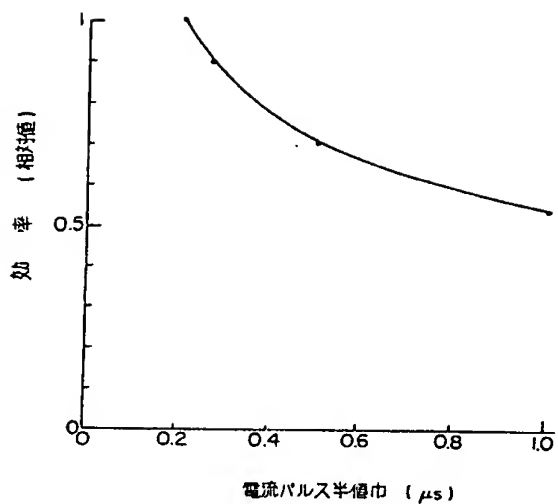
第 2 図 (b)



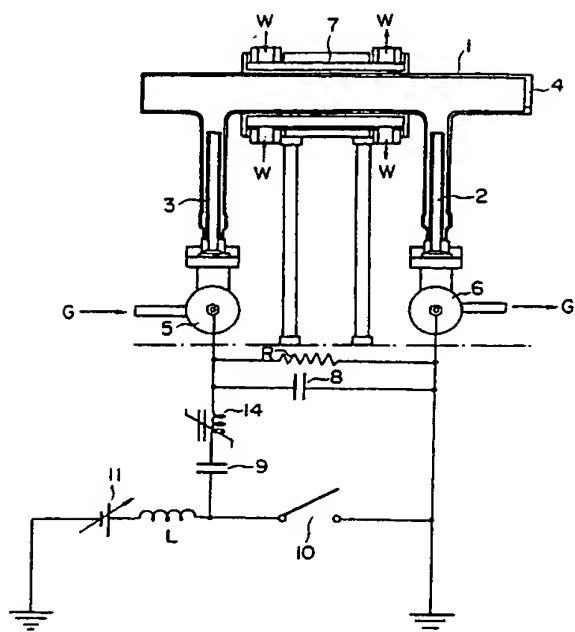
第 3 図 (a)



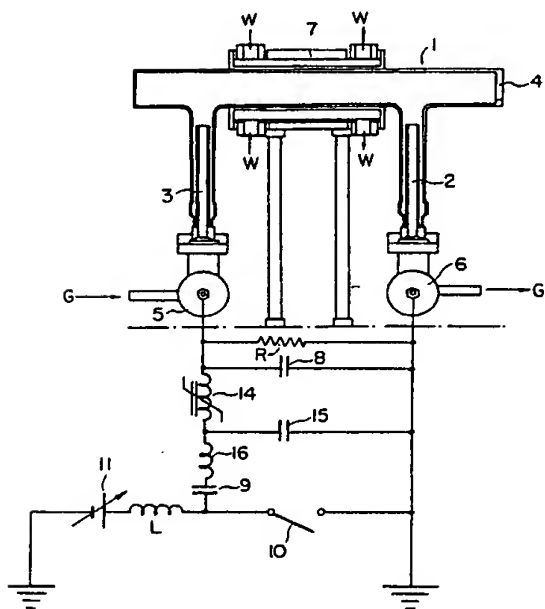
第 3 図 (b)



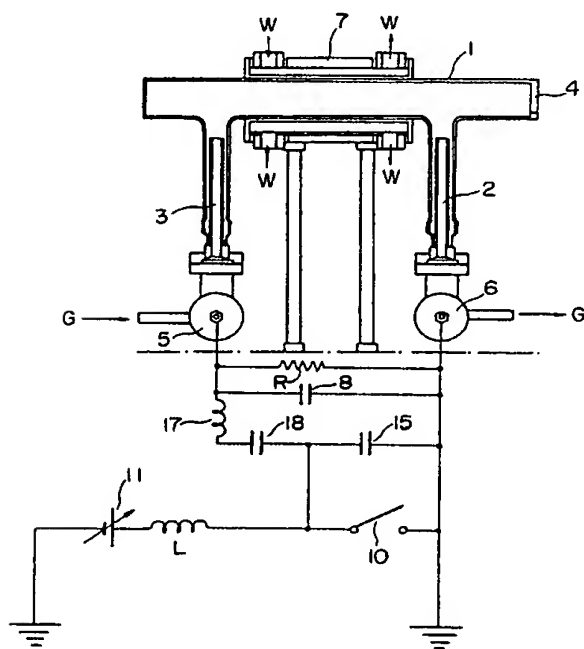
第 4 図



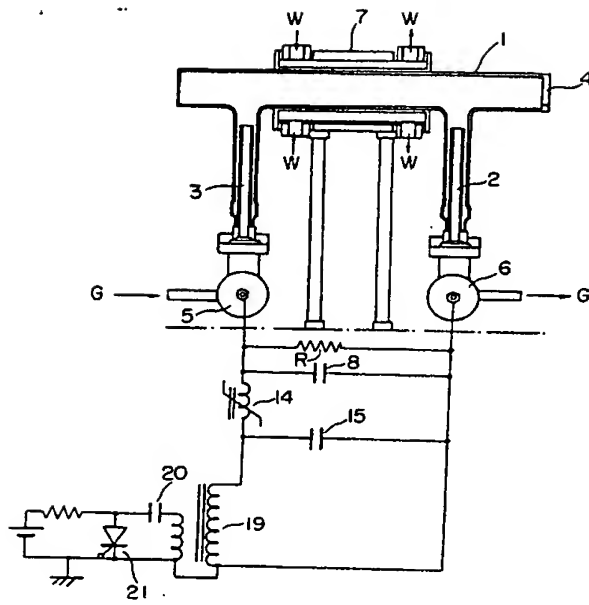
第 5 図



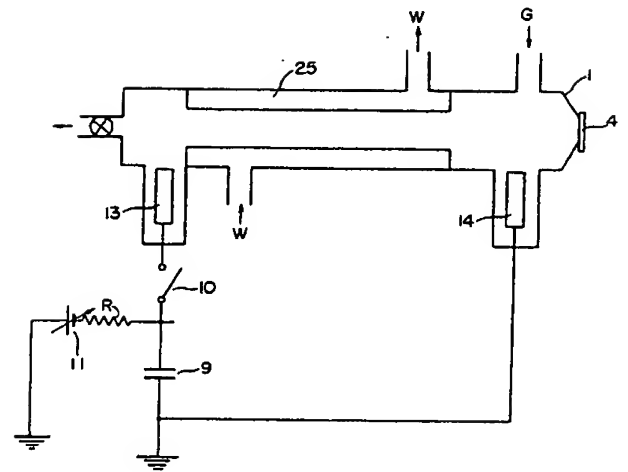
第 6 図



第 7 図



第 8 図



第 9 図